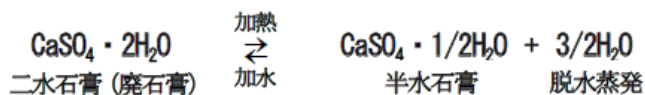


再生石膏を用いた土質固化材による改良効果の検討

香川高等専門学校 学生会員 ○村上 尚哉
香川高等専門学校 正会員 小竹 望
鎌長製衡株式会社 非会員 越智 康揮

1. はじめに

廃石膏ボードは、中間処理で紙と石膏に分離され、石膏の一部は再利用されているものの、そのほとんどが産業廃棄物として管理型処分場に埋立処分されている。廃石膏のリサイクル推進が要求されていることから、筆者らは軟弱地盤の土質改良材としての利用を検討している。廃石膏を土質改良材として利用するためには、加水で固化する性質をもつ半水石膏を用いる必要があり、以下の化学反応式に示す様に、二水石膏である廃石膏を加熱処理し、半水化させる必要がある。



しかし、加熱処理には多くのエネルギーを消費するため、半水化率と固化性能の関係を明確にし、リサイクルできる体系を整える必要がある。一方、香川県には多くのため池が存在し、毎年改修工事が行われている。本研究は、ため池の改修工事における地盤改良を対象とし、再生石膏の土質改良材としての基本的な固化性能および環境安全性を評価することを目的として 固化改良実験を行った。

2. 再生石膏固化材の固化改良効果

2.1 実験方法

1) 再生石膏固化材

半水石膏と二水石膏の試薬を所定割合で混合することにより、半水化率の異なる再生石膏を実験用に作製した。また、石膏からのフッ素等有害物質の溶出防止のためセメント系固化材を添加することを基本とし、軟弱地盤用セメント系固化材(太平洋セメント製ジオセット 200)を用いた。

土の乾燥質量に対する固化材の添加率を以下の様に定義する。

$$a_t = a_c + a_g = a_c + a_{G05} + a_{G2} \quad (1)$$

ここで、 a_t : 固化材総量の添加率、 a_c : セメント系固化材の添加率、 a_g : 石膏総量の添加率、 a_{G05} : 半水石膏の添加率、 a_{G2} : 二水石膏の添加率である。半水化率は、 $a_{G05}/a_g \times 100$ (%) である。

2) 土質材料

本研究で固化改良の対象とするため池底泥は、堆積環境によって性状が異なることを考慮して、土質材料として3種類の高塑性粘性土を用いた。その物性値を表-1に示す。カオリン粘土は、含水比を液性限界LLの1.5倍に調整し基本試験に用いた。坂出市と高松市のため池から採取した底泥は、高塑性で有機物含有量が多いのが特徴であった。その含水比は採取時の自然含水比に調整して用いた。

3) 一軸圧縮試験の供試体作製

土質材料と固化材を10分間ソイルミキサーで混合し、混合後速やかにモールドに充填して供試体を作製し、20℃で封緘養生を行った。供試体寸法はφ50mm×H100mmとした。材令 $T_c=1$ 週間で脱型し、一軸圧縮試験(JIS A 1216)を実施した。

2.2 一軸圧縮試験による固化改良効果の検討

1) 検討ケース

室内配合試験における目標強度は、ため池改修工事における仮設道路の基礎地盤改良で要求される改良強度 $q_u=100\text{kN/m}^2$ に対して、材料安全率 $F_s=2.0$ を考慮して $q_u=200\text{kN/m}^2$ とした。事前実験の結果を踏まえ固化改良実験のケースを表-2に示す様に設定した。

表-1 土質材料の物性値

土質材料	粒度 (%)			ρ (g/cm^3)	PL (%)	LL (%)	I_p (%)	w (%)	I_L
	砂	シルト	粘土						
NSF カオリン	0.0	31.4	68.6	2.725	36	64	28	96.0	2.14
坂出市 A池底泥	2.6	28.4	69.0	2.521	38	119	80	154.2	1.44
高松市 B池底泥	5.8	20	74.0	2.391	72	194	123	325.7	2.07

表-2 固化改良実験ケース($a_g=10\%$)

a_t (%)	固化材添加率 (%)			半水化率 a_{G05}/a_g (%)	土質試料
	a_c	a_{G05}	a_{G2}		
15	5	10	0	100	カオリン粘土 ($w=96\%$ に調整)
		7.5	2.5	75	
		5	5	50	
		2.5	7.5	25	
		0	10	0	
25	15	10	0	100	坂出市 A池底泥 ($w=154.2\%$)
		5	5	50	
		0	10	0	

2) 一軸圧縮試験結果

図-1 にカオリン粘土を用いたケースについて半水化率と一軸圧縮強さの関係を示す。石膏混合物の半水化率を増加させることで、固化強度が増加していく傾向を示している。しかし、その増加割合は小さく、半水石膏のもつ固化性能は比較的小さいと解釈される。また、二水石膏の混合は、土中の水分を吸収して含水比を低下させ、強度増加に多少は寄与すると考えられる。

図-2 にため池底泥（坂出A池）を用いたケースについて半水化率と一軸圧縮強さの関係を示す。半水化率の変化に対し、一軸圧縮強さ q_u はほぼ一定の値を示した。これは、含水比が高いこと、目標強度を得るためにセメント系固化材を比較的多く混合する必要があることなどから、半水石膏の固化効果が明瞭に現れなかったと考えられる。

3. 固化改良土の pH 試験

3.1 実験方法

固化改良土の懸濁液の pH を測定することにより、セメント系固化材だけを用いた固化改良土に対し、石膏混合物を用いた固化改良土の pH 改善効果を評価した。pH 試験を実施したケースを表-3 に示す。

表-3 pH 試験ケース

a_t (%)	固化材添加率 (%)			半水化率 a_{G05}/a_G (%)	土質試料
	a_c	a_{G05}	a_{G2}		
15	15	0	0	100	カオリン粘土 ($w=96\%$)
	5	10	0		
	5	0	10	0	

試料は以下の手順で作製した。①所定の配合で混合し、固化を進行させる。②20℃の気中で3, 6, 12, 24時間放置した固化改良土を試料とする。③所定時間経過後、ナイフで約1cm角に分割し、固化改良土の質量の5倍の蒸留水を加えて土懸濁液を作製し放置する。

3.2 pH 試験の結果と考察

固化改良土の懸濁液作製後、0.5時間、3時間経過した土懸濁液の pH を測定した。pH 試験方法は、JGS0211「土懸濁液の pH 試験方法」に準じた。

pH 測定値と固化時間の関係を図-3 に示す。セメント系固化材よりも中性固化材の方が pH 値を抑制することが確認された。セメント系固化材は pH=10~11 に対し、再生石膏固化材は pH=9~10 であることから、石膏の中性固化材としての有効性が認められる。ここで、石膏の種別の違いによる pH の差は比較的小さい。

4. まとめ

本研究では、再生石膏の中性固化材としての効果について評価した。再生石膏をため池底泥における土質改良材として使用する場合を検討した結果、固化性能と pH に関する環境安全性が認められた。

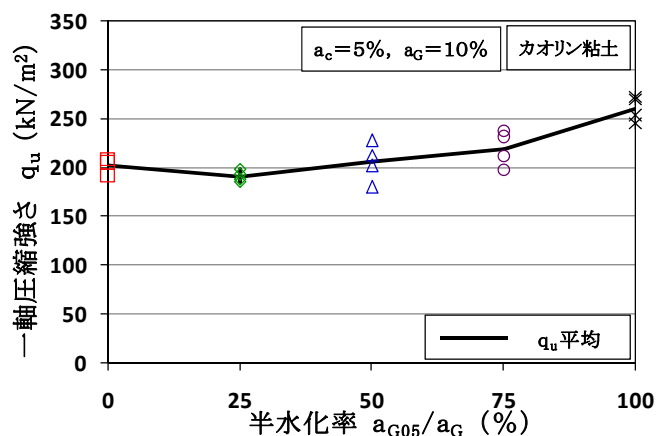


図-1 半水化率と一軸圧縮強さの関係（カオリン）

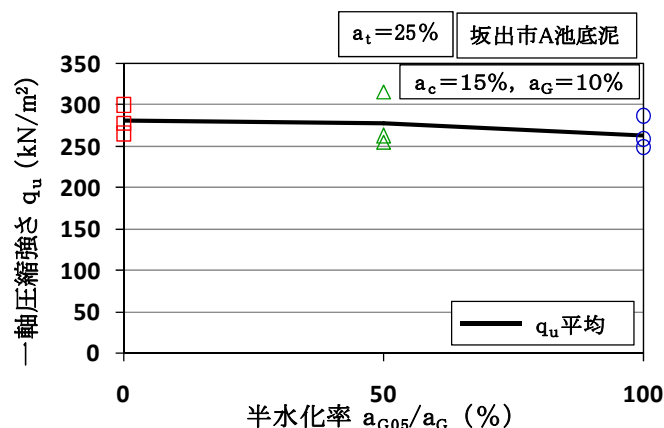


図-2 半水化率と一軸圧縮強さの関係（坂出底泥）

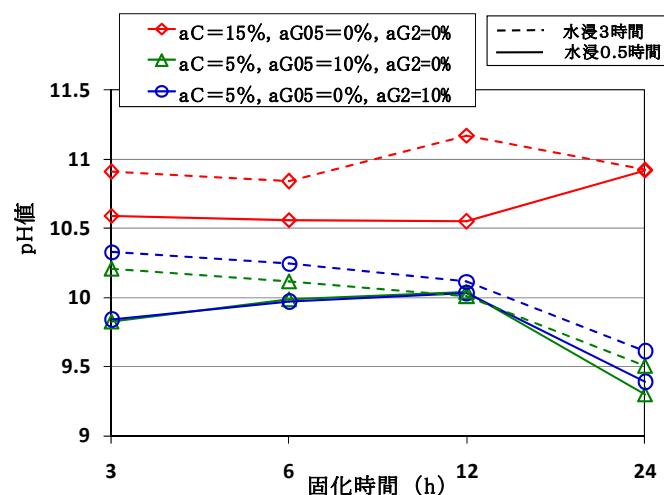


図-3 pH 値と固化時間の関係